



III-386 - ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE BIOGÁS DE ATERRO PARA FINS ENERGÉTICOS COM VISTAS AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL: APLICAÇÃO NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO OESTE EM CAUCAIA, CEARÁ

André de Freitas Gomes Linard⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestrando em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Ceará (UFC).

Marisete Dantas de Aquino⁽²⁾

Engenheira de Pesca pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutora em Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS), Paris, França. Professora associada do Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental da Universidade Federal do Ceará (DEHA/UFC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Austrália, 831 - Itaperi - Fortaleza - CE - CEP: 60740-820 - Brasil - Tel: (85) 3225-2398 - e-mail: andrelinard@yahoo.com.br

RESUMO

É crescente a busca pelo equilíbrio harmonioso entre a sociedade e o meio ambiente que a rodeia. Neste sentido, a adoção de medidas que visem à mitigação dos efeitos danosos da relação entre homem e natureza ganha cada vez mais força em uma atmosfera voltada para a busca pelo desenvolvimento sustentável. Este trabalho tem o objetivo de avaliar a viabilidade do aproveitamento do gás de aterro, um produto proveniente da decomposição dos resíduos sólidos presentes nestes e cujo potencial poluidor é sobremaneira elevado, para geração de energia elétrica. Aplicou-se o procedimento no Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia. Para tanto, foi necessário um aprofundamento teórico, abordando temas como resíduos sólidos urbanos (conceito e classificação); geração e composição do lixo no Brasil; problemas advindos da disposição dos RSU; aterros; biogás ou gás do lixo, composição e formação em aterros; utilização deste como insumo para fins energéticos. Empregou-se, para mensuração do potencial energético disponível mediante o uso do biogás, o software Biogás – Geração e Uso Energético (Versão 1.0). Os resultados obtidos revelam que o Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia (ASMOC) possui vocação energética, apresentando ainda os potenciais disponíveis anualmente desde a abertura daquele até o seu fechamento.

PALAVRAS-CHAVE: Aterro, Aproveitamento energético, Biogás, Resíduos Sólidos Urbanos.

INTRODUÇÃO

A imensa quantidade de resíduos sólidos produzida diariamente nos grandes centros urbanos tem gerado inúmeros problemas nos mais diversos setores, a saber: ambiental, social, econômico e administrativo. Resultado principalmente do aumento populacional, com conseqüente ocupação desordenada do solo, aliado ainda ao desenvolvimento econômico, o incremento do lixo gerado vem despertando, na sociedade, a adoção de medidas que dêem destinação e tratamento adequados àquele, buscando soluções que mitiguem os efeitos deletérios ao meio ambiente, assim como proporcionem uma convivência harmônica entre homem e natureza, caracterizando o chamado desenvolvimento sustentável.

Uma das soluções para o tratamento e disposição dos resíduos sólidos gerados são os aterros sanitários, sistemas os quais utilizam técnicas de engenharia, confinando do lixo ao menor custo possível ambiental. Os aterros sanitários apresentam como um dos subprodutos da decomposição da matéria orgânica a emissão de gases. Os principais constituintes destes são o dióxido de carbono e o gás metano, sendo o último um combustível possível de ser coletado e utilizado como fonte de energia.

Aumento da temperatura global do planeta, contaminação dos corpos hídricos e do solo, poluição atmosférica tornaram-se questões cada vez mais presentes no cotidiano da população, nesta despertando maior conscientização no que concerne às questões ambientais, bem como exigindo da Administração Pública políticas que visem à solução da destinação e tratamento do lixo gerado, problemática essa historicamente posta em segundo plano.



No Brasil, de forma geral, o gerenciamento de resíduos urbanos somente adia o surgimento de uma série de problemas. Os resíduos que são coletados, pois a coleta não contempla a totalidade do volume de resíduos gerado, apenas são afastados da visão dos grandes centros geradores e não são tratados de forma adequada.

Disponibilizar e tratar adequadamente os resíduos urbanos gerados nos grandes centros constitui um dos principais problemas ambientais. O gás gerado da decomposição da matéria orgânica presente no lixo, o chamado biogás, cuja composição é basicamente metano e gás carbônico, além de outros gases em menor volume, é sobremaneira nocivo ao meio ambiente, visto que contribui para o aumento do efeito estufa, oferecendo risco ainda de explosões e incêndios, dado seu caráter inflamável.

Obtido a partir de um processo de degradação da biomassa, possibilitando a produção de energia, o biogás proporciona novas aplicações para os resíduos, podendo ser considerado uma das fontes energéticas mais econômicas e de fácil aquisição, como também apresenta grandes vantagens diante de outros combustíveis, sendo uma fonte de combustível renovável.

Diante do exposto, é de suma importância um estudo que verifique a viabilidade da utilização do biogás gerado em aterros para fins energéticos, aspirando à mitigação dos efeitos deletérios provocados ao meio ambiente pela decomposição dos resíduos dispostos naqueles.

MATERIAIS E MÉTODOS

Procedeu-se primeiramente à revisão da literatura, adquirindo embasamento para a escolha do aterro com potencial de biogás para geração de energia elétrica.

O Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia (ASMOC) (Figura 1) localiza-se no município de Caucaia, na região metropolitana de Fortaleza, e faz parte de um acordo entre as duas cidades no qual os resíduos produzidos por estas são depositados naquele. Está situado no município de Caucaia e é limitado pelos paralelos 3°45' e 3°47' de longitude Sul e pelos meridianos 38°43' e 38°45' de longitude Oeste).

Atualmente, o ASMOC está com mais de 60% de sua capacidade total utilizada e apresenta vida útil prevista até o ano de 2010. O novo projeto prevê a ampliação da área do Aterro, a qual passará dos atuais 123 para 315 hectares, a fim de abrigar a crescente quantidade de lixo que a ele é destinada.



Figura 1 – Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia.

Desta feita, foram coletados dados acerca da disposição dos resíduos sólidos urbanos, bem como se levantou o histórico do aterro, contendo a quantidade de resíduos recebidos por este desde o início de funcionamento até o seu fechamento.



Para o cálculo de emissão de gás metano dos resíduos sólidos do aterro, foi usado o programa BIOGÁS – GERAÇÃO E USO ENERGÉTICO, VERSÃO 1.0, *software* desenvolvido através dos convênios entre o Governo Federal e o Governo do Estado de São Paulo, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O programa, intitulado BIOGÁS – GERAÇÃO E USO ENERGÉTICO (VERSÃO 1.0), é uma ferramenta computacional que faz parte dos produtos desenvolvidos pelos convênios acordados entre o Governo Federal e o Governo do Estado de São Paulo, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SMA e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (Figura 2).



Figura 2 – Tela de apresentação do programa BIOGÁS.

O procedimento apresentado no programa BIOGÁS tem a finalidade de estimar a geração de gás oriundos dos resíduos sólidos em aterros e realizar uma avaliação da recuperação e do uso para fins energéticos do biogás.

Com a estimativa do potencial de gás gerado nos aterros, o software infere sobre as quantidades de energia disponíveis a partir da recuperação daquele.



Primeiramente, é necessário escolher entre duas alternativas apresentadas pelo programa, quais sejam: Novo Projeto, para iniciar, como o próprio nome sugere, um projeto novo e Abrir Projeto, para abrir um projeto anterior, podendo ainda efetivar mudanças em parâmetros de um estudo realizado anteriormente.

Entrando na guia Novo Projeto (Figura 3), inicia-se a rotina de elaboração de um novo projeto, devendo o programa de computador ser executado na seqüência sugerida, de cima para baixo, iniciando em Características do aterro.



Figura 3 - Fases da concepção de um projeto.

Preencheram-se informações sobre o aterro, tais como o nome do empreendimento, endereço, os administradores e técnicos responsáveis.

Para definir as características do aterro (Figura 4), são necessárias informações sobre localização, gerenciamento, contatos, registros fotográficos.



Figura 4 - Características do ASMOC.

Um outro dado importante a ser fornecido é a quantidade de drenos de gases existentes no aterro. Na ocasião de o número informado ser inferior ao ideal, que é de um raio de abrangência de 25m por dreno, o software compará-lo-á e adotará o número mínimo ideal para realizar suas estimativas.

Como não foi disponibilizada a quantidade de drenos presentes no Aterro, inseriu-se um valor qualquer a fim de que o sistema utilizasse a quantidade ideal para a configuração definida.

Para o cálculo da estimativa das emissões de metano, empregou-se um modelo matemático muito usado pela United States Environmental Protection Agency – USEPA.

O modelo baseia-se nesta expressão:

$$Q_x = k \cdot R_x \cdot L_0 \cdot e^{-k(x-t)}$$

Em que:

Q_x : vazão de metano gerado no ano x pelos RSD depositados no ano T [m^3CH_4 /ano];

k: constante de decaimento [1/ano];

R_x : fluxo de resíduos no ano x [kgRSD];

L_0 : potencial de geração de metano [m^3 biogás/kg RSD];

T: ano de deposição do resíduo no aterro [ano];

x: ano atual [ano].



De acordo com esse modelo, no qual ocorre o processo de degradação anaeróbia, a estimativa de geração de metano é feita para cada porção de resíduos depositada no aterro. No primeiro ano, ocorre o maior nível de geração, reduzindo com o passar dos anos, com a sua intensidade variando em função da composição dos resíduos e da umidade do local

Na prática, a equação indica que as vazões (Q_x) de biogás são máximas no primeiro ano, reduzindo ano a ano. Essas emissões serão maiores quanto maiores forem os valores de k , R_x e L_0 . Da mesma maneira, o decaimento será mais acentuado quanto maiores forem k e t

A avaliação do fluxo de resíduos no dado ano (R_x) representa um dos mais importantes elementos dessa estimativa. A literatura internacional fornece os valores de k e L_0 , os quais são usados nas estimativas feitas no Brasil atualmente. São sugeridos os valores de k e L_0 , estes, por sua vez, podem ser facilmente editados e substituídos por outras estimativas de maior qualidade

Para o aterro em estudo, os parâmetros supracitados são inexistentes. Por isso, aceitaram-se aqueles preconizados pela literatura internacional, sendo inserido somente o fluxo de resíduos depositados no Aterro.

Assim, para a obtenção do potencial de geração de metano do Aterro, teve como entrada de dados no programa estas alternativas:

- Histórico da disposição de resíduos no Aterro a cada ano;
- Estimativa a partir da população atendida pelos serviços de coleta e da taxa de geração de resíduos;
- De acordo com o atual fluxo de resíduos e da taxa de crescimento desde a abertura até o fechamento.

Tabela 1 - Histórico da disposição de resíduos sólidos no ASMOC.

Ano	Qtd. (Ton.)	Acumulada (Ton.)	Observação
1992	60.000	60.000	
1993	60.000	120.000	
1994	60.000	180.000	
1995	60.000	240.000	
1996	60.000	300.000	
1997	60.000	360.000	
1998	843.333	1.203.333	
1999	1.000.000	2.203.333	
2000	1.000.000	3.203.333	
2001	1.188.126	4.391.459	
2002	1.111.080	5.502.539	
2003	913.704	6.416.243	
2004	877.966	7.294.209	
2005	950.120	8.244.329	
2006	1.025.490	9.269.819	- Valor real até junho – 512.745 toneladas com projeção até o final do ano
2007	1.025.490	10.295.309	- Valor estimado para o ano de 2007, tomando como base o ano de 2006. - capacidade máxima do aterro atingida, com base na capacidade projetada de 10.210.000 toneladas.
Média	686.354		Média de disposição de lixo no aterro no período de 1992 a 2007.



De posse do histórico do fluxo de disposição de resíduos no Aterro, inseriram-se os dados de entrada do programa BIOGÁS - histórico do fluxo de resíduos e os parâmetros cujos módulos foram sugeridos pelo software (R_x e L_0). Esse procedimento encontra-se ilustrado na Figura 5.

Dados para estimativa de geração de metano no aterro sanitário

$$\sum Q_x = k \cdot L_0 \cdot \sum (R_x \cdot e^{-k(x-T)})$$

Dados para geração de metano

Q = Vazão de metano (m³/ano)

☐ k = Constante de decaimento (1/ano)

☒ L_0 = Potencial de geração de biogás (m³/kg)

☐ R_x = Fluxo de resíduo (t/ano)

x = Ano atual (ano)

T = ano de deposição do resíduo (ano)

Confirmação de dados

k (1/ano): 0,08

L_0 (m³ CH₄/kg): 0,12

Fluxo médio de resíduo no período (t/ano): 643,457

Ok

Potencial de geração de metano (L_0)

Pouco orgânico Muito orgânico

☒ Valor sugerido

L_0 (m³ CH₄/kg) 0,12 Ok

Voltar

Figura 5 - Dados para estimativa da geração de metano no ASMOC.

Em seguida, para calcular a vazão de gás e determinar o potencial de energia correspondente, preencheram-se os valores dos dados da linha de base (eficiência da queima e coleta de biogás, energia elétrica evitada e linha de base de queima), variáveis essas sugeridas pelo programa BIOGÁS. Dessa forma, foi possível mensurar a quantidade de metano emitida em um dado período de referência (Figura 6).

Linha de base

Linha de base de queima (%) 20 ☒ Valor sugerido

Energia elétrica evitada (tCO₂/MWh evit) 0,2782 ☒ Valor sugerido

Eficiência de coleta de biogás (%) 75 ☒ Valor sugerido

Eficiência da queima de biogás (%) 95 ☒ Valor sugerido

OK

Figura 6 - Dados complementares para a curva de geração de metano no ASMOC.



A Figura 7 traz a curva da vazão ao longo do tempo do aterro em estudo. No gráfico, a curva em azul representa as emissões de gás geradas no ASMOC, ao passo que a curva em vermelho mostra as mesmas vazões, porém com uma taxa de eficiência de 75%.

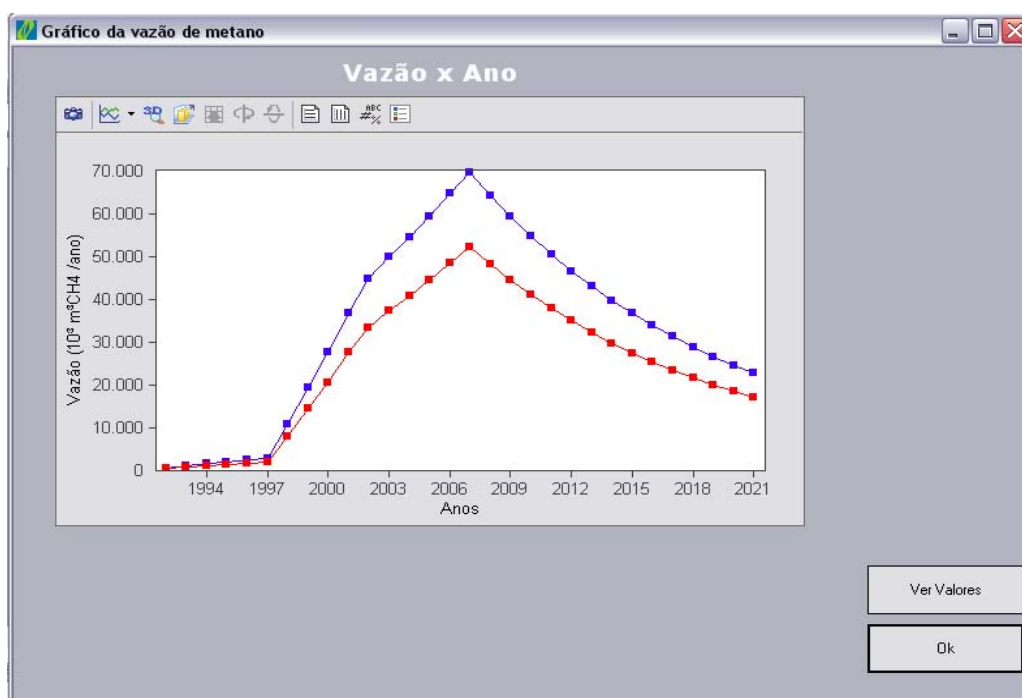


Figura 7 - Curva vazão metano x ano de referência.

Ressalta-se, aqui, a falta de dados sobre o Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia, razão por que foram sempre empregados os dados sugeridos pelo software. A estimativa das taxas de emissões é apresentada sob o formato de gráfico (acima) e/ou planilha eletrônica (Tabela 2).



Tabela 2 - Vazão de metano x ano de referência.

Ano	Vazão (10 ³ m ³ /ano)
1992	576,00
1993	1.107,72
1994	1.598,55
1995	2.051,65
1996	2.469,91
1997	2.856,01
1998	10.732,43
1999	19.507,28
2000	27.607,49
2001	36.890,94
2002	44.720,99
2003	50.054,24
2004	54.634,36
2005	59.555,02
2006	64.820,92
2007	69.681,95
2008	64.324,55
2009	59.379,04
2010	54.813,77
2011	50.599,48
2012	46.709,21
2013	43.118,04
2014	39.802,96
2015	36.742,77
2016	33.917,85
2017	31.310,12
2018	28.902,88
2019	26.680,72
2020	24.629,41
2021	22.735,81
2022	20.987,80

Com as emissões quantificadas, parte-se agora para a determinação do potencial de energia elétrica (Figura 8).

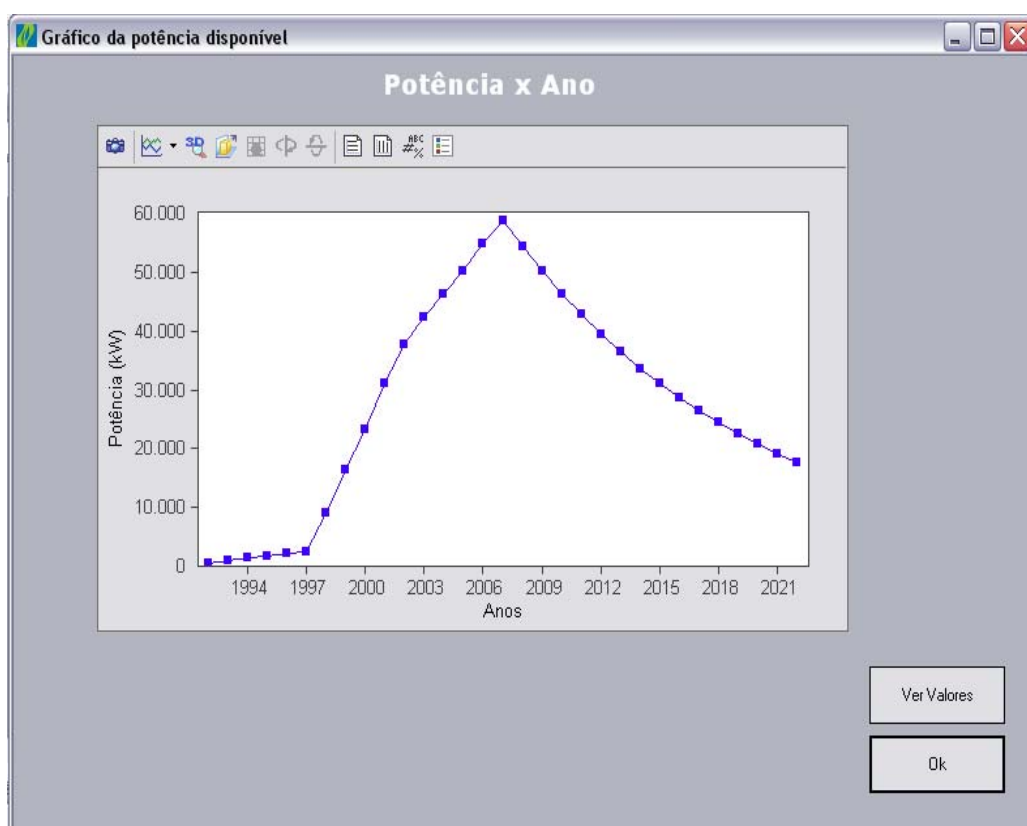


Figura 8 - Curva potência x ano de referência.

Os dados da curva acima estão apresentados no formato de planilha eletrônica, conforme se observa na Tabela 3.



Tabela 3 - Potência disponível no ASMOC a cada ano de referência.

Ano	Potência (kW)	Potência (m³/h)	Potência (MMBtu/h)
1992	487,00	56,00	1.661,00
1993	936,00	107,00	3.194,00
1994	1.351,00	154,00	4.609,00
1995	1.734,00	198,00	5.915,00
1996	2.087,00	238,00	7.121,00
1997	2.413,00	275,00	8.234,00
1998	9.069,00	1.035,00	30.944,00
1999	16.483,00	1.882,00	56.243,00
2000	23.328,00	2.663,00	79.597,00
2001	31.172,00	3.558,00	106.363,00
2002	37.789,00	4.314,00	128.939,00
2003	42.295,00	4.828,00	144.315,00
2004	46.165,00	5.270,00	157.521,00
2005	50.323,00	5.745,00	171.708,00
2006	54.773,00	6.253,00	186.890,00
2007	58.880,00	6.721,00	200.906,00
2008	54.353,00	6.205,00	185.459,00
2009	50.175,00	5.728,00	171.200,00
2010	46.317,00	5.287,00	158.038,00
2011	42.756,00	4.881,00	145.887,00
2012	39.469,00	4.506,00	134.671,00
2013	36.434,00	4.159,00	124.317,00
2014	33.633,00	3.839,00	114.759,00
2015	31.047,00	3.544,00	105.936,00
2016	28.660,00	3.272,00	97.791,00
2017	26.457,00	3.020,00	90.273,00
2018	24.423,00	2.788,00	83.332,00
2019	22.545,00	2.574,00	76.925,00
2020	20.812,00	2.376,00	71.011,00
2021	19.211,00	2.193,00	65.551,00
2022	17.734,00	2.024,00	60.512,00

Nota-se que a curva de geração de energia elétrica é simétrica à curva de emissões de metano no ASMOC. Inicia-se com uma potência de 487kW, atingindo um máximo de 58.880kW no fechamento do Aterro e decaindo exponencialmente ao longo do tempo.

CONCLUSÕES

Apesar de a matriz energética nacional ser predominantemente hídrica, torna-se sobremodo importante a diversificação daquela, a fim tanto de servir-lhe de suporte como para mitigar os efeitos danosos dos gases gerados da decomposição dos RSU dos aterros e ainda comercializar os Certificados de Redução de Emissões de GEE, inserindo o país em um ambiente mercantil fértil desde o convênio firmado no Protocolo de Quioto.

Com a aplicação deste modelo, revelou-se a viabilidade do emprego do biogás do Aterro Sanitário Metropolitano Oeste em Caucaia quantificou-se o potencial de energia produzido através da recuperação e uso do gás de aterro. Os valores máximos de geração de metano e, conseqüentemente, de energia elétrica ocorreram no ano de fechamento do ASMOC, apresentando, respectivamente, como módulos 69.681,95m³/ano e 58.880kW.



Ressaltou-se a importância do aproveitamento do biogás, produto cuja potencialidade poluidora é expressiva e representa um dos mais nocivos poluidores atmosféricos, com notável contribuição para as mudanças climáticas por que passa o planeta, além de representar uma importante fonte renovável de energia alternativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASSINI, S. T. et al. Digestão de Resíduos Sólidos Orgânicos e Aproveitamento do Biogás. Programa de Pesquisa em Saneamento Básico 3 (PROSAB 3). Vitória – ES, 2003.
2. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB) – Biogás – Geração e Uso Energético. Manual do usuário do programa de computador. São Paulo, 2006.
3. ENSINAS, A. V. (2003). Estudo da Geração de Biogás no Aterro Sanitário Delta em Campinas – SP. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. 145p.
4. HENRIQUES, R. M. (2004). Aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos: uma abordagem tecnológica. Programa de pós-graduação em Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 204p.
5. OLIVEIRA, L. B. (2000). Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos e abatimento de gases do efeito estufa. Dissertação de mestrado. Programa de Planejamento Energético. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. RJ. 148 p.
6. OLIVEIRA, L. B., REIS, M. M. e PEREIRA, A. S. (2000). Resíduos Sólidos Urbanos: Lixo ou Combustível. Anais do XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, Porto Alegre.
7. VANZIN, E. (2006). Procedimento para análise da viabilidade econômica do uso do biogás de aterros sanitários para geração de energia elétrica: aplicação no aterro de Santa Tecla. Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia. Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo. 93p.